

REZUMAT

În cadrul tezei de doctorat, intitulată „*Cercetări privind optimizarea procesului de lucru pentru tăierea tulpinilor plantelor agricole la momentul recoltării*”, autorul a efectuat cercetări teoretice și experimentale privind optimizarea procesului de lucru la tăierea unor tulpini, de la diferite culturi de cereale (grâu, sorg și porumb), și plante tehnice (floarea-soarelui, rapiță și soia), aflate în faza tehnologică de recoltare.

Prin efectuarea cercetărilor experimentale s-au determinat soluții și metode de tăiere a tulpinilor plantelor agricole la momentul recoltării, folosindu-se în acest scop un stand de laborator, original, proiectat și realizat de autorul tezei de doctorat.

Obiectivele tezei de doctorat, pentru realizarea scopului propus, sunt următoarele:

- stabilirea și analiza stadiului actual privind tehnologiile de recoltare a diferitelor culturi agricole, prin tăierea statică și dinamică a tulpinilor;
- stadiul actual al cercetărilor și tendințe în dezvoltarea aparatelor pentru tăierea tulpinilor plantelor agricole la momentul recoltării;
- conceperea, proiectarea și realizarea unui stand de laborator care să permită efectuarea de cercetări experimentale, prin utilizarea de organe de lucru din componența aparatelor de tăiere cu degete și cuțit superior, la care pasul lamelor este egal cu pasul degetelor, $p = 76,2 \text{ mm}$, de la unele combine (Sema, Dropia 1110, Gloria 1120, Gloria 1422, Claas, John Deere, Fendt și NewHolland etc);
- influența unor parametri constructivi ai lamelor tăietoare, din componența aparatelor de tăiere, asupra procesului de lucru, respectiv pentru diferite unghiuri de ascuțire: $i_c = 20^\circ$ (folosit de majoritatea firmelor constructoare de combine); $i_c = 15^\circ$ și $i_c = 10^\circ$;
- influența tratamentelor termochimice asupra durabilității lamelor tăietoare, prin aplicarea unui strat cu nitrură de titan TiN (procedeu numit titanare) în zona de lucru a tăișului;
- cercetări experimentale pentru determinarea parametrilor dinamici și cinematici ai procesului de lucru pentru tăierea prin forfecare a tulpinilor, respectiv forța maximă și medie de tăiere, cursa activă a lamelor tăietoare, energia totală și specifică de tăiere, pentru tăierea statică și dinamică cu viteze ale cuțitului de 1 m/s și 2 m/s ;
- cercetări experimentale privind influența poziției tulpinilor plantelor față de planul de tăiere al lamelor asupra procesului de lucru, pentru poziția verticală (90°) și înclinat-longitudinal cu (45°);
- cercetări experimentale privind influența zonei de tăiere a tulpinilor, între noduri și pe nod, asupra procesului de lucru;

- cercetări experimentale privind determinarea suprafeței secțiunii de tăiere a tulpinilor plantelor agricole la momentul recoltării;
- cercetări experimentale privind rezistența la uzură a aparatelor folosite la tăierea tulpinilor plantelor agricole la momentul recoltării;
- analiza statistică și interpretarea datelor experimentale;
- optimizarea procesului de lucru a aparatelor de tăiere a tulpinilor plantelor agricole la momentul recoltării.

Teza de doctorat are un număr de 179 de pagini, este structurată pe două părți „**Stadiul cunoașterii**” și „**Contribuții proprii**”, care conține opt capitole. Lucrarea conține 105 figuri, 57 relații, 45 tabele, 127 surse bibliografice și 4 anexe.

În prima parte a lucrării sunt prezentate aspecte privind stadiul actual al cercetărilor în domeniul abordat și bazele teoretice ale procesului de lucru pentru recoltarea culturilor agricole, prin tăierea tulpinilor. În partea a doua a tezei sunt prezentate condițiile pentru realizarea demersului științific, rezultatele cercetărilor experimentale efectuate în condiții de laborator, și reale de exploatare în producție, precum și analiza și interpretarea datelor experimentale.

Capitolul I al tezei de doctorat intitulat „**Noțiuni generale privind tehnologiile de recoltare a tulpinilor plantelor agricole**” cuprinde aspecte generale privind tehnologia de recoltare a diferitelor culturi, prin tăierea tulpinilor. De asemenea, se prezintă importanța și necesitatea temei de cercetare. Primul subcapitol abordează caracteristici generale, scurt istoric și perspective de dezvoltare a combinelor de recoltat cereale și plante tehnice. În subcapitolul al doilea se menționează oportunitatea și necesitatea cercetărilor privind optimizarea procesului de lucru pentru tăierea tulpinilor plantelor agricole în vederea recoltării. La finalul primului capitol sunt prezentate în sinteză tehnologiile mecanizate de recoltare a principalelor culturi de cereale (grâu, orz, porumb și sorg) și plante tehnice (floarea-soarelui, rapiță și soia).

În **capitolul II** al tezei de doctorat, intitulat „**Stadiul actual al cunoașterii privind aparatele pentru tăierea tulpinilor plantelor agricole la momentul recoltării**”, sunt abordate aspecte generale privind rolul aparatelor de tăiere în cadrul tehnologiilor de recoltare mecanizată a culturilor de cereale și plante tehnice, după care se continuă cu clasificarea aparatelor de tăiere și construcția acestora. Din punct de vedere constructiv aparatele de tăiere se clasifică în două grupe principale, și anume: aparate care efectuează secționarea tulpinilor prin forfecare și prin inerție. Pentru recoltarea culturilor de cereale și plante tehnice, combinele sunt echipate cu aparate de tăiere prin forfecare. În continuarea acestui capitol sunt prezentate principalele tipuri de aparate de tăiere din dotarea combinelor, în special cele cu lame tăietoare și cu mișcare rectilinie alternativă. Pentru fiecare grupă de aparate de tăiere, autorul scoate în evidență avantajele și dezavantajele utilizării acestora la recoltarea diferitelor culturi.

Capitolul III al tezei de doctorat cuprinde „**Bazele teoretice privind procesul de lucru al aparatelor pentru tăierea tulpinilor plantelor agricole în momentul recoltării**”. Operația tehnologică de tăiere a tulpinilor plantelor agricole, în vederea recoltării, constă

în distrugerea continuității fibrelor, respectiv secționarea acestora. Tulpinile plantelor agricole se compun din celule dispuse în țesuturi. Acestea, la rândul lor, cuprind fascicule fibro-vasculare, care au rolul de elemente de rezistență. Din aceste considerente, procesul de lucru pentru tăiera tulpinilor plantelor agricole realizează distrugerea continuității fasciculelor fibro-vasculare. Aceste fascicule, la unele tulpini vegetale, sunt distribuite uniform pe întreaga secțiune, iar la altele în zona periferică.

Tulpinile plantelor agricole sunt materiale anizotrope a căror rezistență și plasticitate depind de structura țesuturilor și de umiditatea acestora. Ca urmare, procesul de lucru pentru tăierea tulpinilor este complex, fiind realizat prin forțe de strivire locală, încovoieri și întinderi ale fibrelor, a căror pondere este în funcție de modul de rezemare și de scula de lucru folosită. Tăierea semnifică retezarea tulpinilor plantelor agricole în vederea secționării, sau înlăturării unor părți dintre acestea, cu ajutorul aparatelor de tăiere. După modul de acțiune, tăierea tulpinilor plantelor agricole la momentul recoltării se face în două moduri: tăierea prin forfecare (prin rezemarea tulpinilor plantelor agricole) și tăierea prin inerție (fără rezemarea tulpinilor plantelor agricole).

Primul subcapitol tratează tăierea prin forfecare a tulpinilor plantelor agricole la momentul recoltării, în care secționarea se execută de către elemente active, cuțit și contracuțit, determinându-se forțele de rezistență la tăierea cu alunecare.

Al doilea subcapitol pune în evidență tăierea prin inerție, în acest caz tăierea o execută un singur element activ, cuțitul, care aplică o forță tăietoare asupra tulpinii plantelor agricole, cu o viteză relativ mare. În subcapitolul trei se abordează dinamica aparatelor de tăiere a tulpinilor plantelor agricole. Viteza de tăiere a lamei tăietoare reprezintă un parametru important, și de care depinde productivitatea aparatelor de tăiere a combinelor de recoltat.

Din analiza cercetărilor efectuate pe plan mondial, rezultă că viteza de tăiere influențează semnificativ procesul de lucru, ajungând la concluzia că, pentru tăierea materialelor vegetale fibroase, prin creșterea vitezei de tăiere se reduce consumul de energie pentru secționarea tulpinii.

A doua parte a tezei de doctorat cuprinde „*Contribuții proprii*” și include următoarele capitole: *Scopul și obiectivele tezei de doctorat; Materialul și metoda de cercetare; Rezultate experimentale privind rezistența la tăiere a tulpinilor de la culturile de cereale și plante tehnice; Rezultate experimentale privind rezistența la uzură a aparatelor folosite pentru tăierea tulpinilor plantelor agricole; Cercetări experimentale privind optimizarea procesului de lucru al aparatelor folosite pentru tăierea plantelor agricole la momentul recoltării.* În final sunt prezentate *Concluziile generale și recomandări.*

Capitolul IV al tezei de doctorat este intitulat „*Scopul și obiectivele tezei de doctorat*”. Autorul și-a propus să optimizeze procesul de lucru de tăiere a tulpinilor plantelor agricole la momentul recoltării, prin modificarea parametrilor constructivi și cinematici ai aparatelor de tăiere, de tipul cu lame-cuțit și mișcare rectilinie alternativă, care echipează combinele autopropulsate de recoltat cereale și plante tehnice.

Pe baza analizei stadiului actual al cunoașterii s-a stabilit obiectivul principal al tezei de doctorat, de optimizare a procesului de lucru pentru tăierea tulpinilor plantelor agricole la momentul recoltării. Pentru realizarea obiectivului general s-au avut în vedere următoarele obiective specifice:

- stabilirea stadiului actual al cercetărilor efectuate pe plan mondial cu privire la tehnologiile de recoltare a culturilor de cereale și plante tehnice;
- identificarea stadiului actual al cercetărilor privind construcția și parametrii cinematici și dinamici ai aparatelor de tăiere, din componența combinelor de recoltat, fabricate pe plan mondial;
- analiza, conceperea, proiectarea și realizarea unui demers științific prin care să se stabilească parametrii cinematici și dinamici ai aparatelor de tăiere a plantelor agricole în vederea recoltării, precum și prelucrarea datelor experimentale obținute în vederea optimizării proceselor de lucru;
- stabilirea de soluții tehnologice în vederea creșterii performanțelor de durabilitate ale aparatelor de tăiere din componența combinelor de recoltat.

Capitolul V al tezei de doctorat denumit **„Materialul și metoda de cercetare”**.

Pentru realizarea obiectivelor tezei de doctorat, autorul a conceput și proiectat elementele necesare demersului științific de efectuare a cercetărilor experimentale, atât în condiții de laborator, cât și în condiții de producție. Astfel, în prima parte a acestui capitol este prezentat cadrul general unde s-au efectuat cercetările experimentale, respectiv în laboratoarele disciplinelor de Mecanizarea agriculturii, de la USAMV Iași, laboratoare de specialitate de la Universitatea Tehnică ”Gh. Asachi” din Iași și la diverse unități economice din jud. Bacău. Pentru efectuarea cercetărilor experimentale s-a conceput un stand de laborator original, iar ca material experimental s-au recoltat tulpini de la diferite culturi de cereale (grâu, orz, sorg și porumb) și plante tehnice (floarea-soarelui, rapiță și soia). Standul de laborator poate fi echipat cu organe de lucru din componența aparatelor de tăiere de la diferite combine de recoltat, cum ar fi: Sema – 110, Dropia – 1110, Dropia – 1430, Claas Lexion 420, John Deere S 770, Fendt 5225 E și New Holland CX 8080 Elevation.

Pentru modificarea geometriei și creșterea durabilității lamelelor tăietoare s-a solicitat sprijinul unor agenți economici din industria constructoare de mașini, cum ar fi FEPA S.A. și Rulmenții SA, ambele din municipiul Bârlad, jud. Vaslui.

În continuarea acestui capitol se prezintă în detaliu construcția, funcționarea și principalii parametri ai standului, conceput pentru efectuarea cercetărilor experimentale în vederea simulării în condiții de laborator a procesului de lucru de tăiere a tulpinilor de la diferite culturi, la momentul recoltării. Pentru efectuarea încercărilor experimentale s-au folosit componente de la aparatele de tăiere cu mișcare rectilinie alternativă, cu degete și cuțite superioare, la care pasul lamelor tăietoare este același cu cel al degetelor ($p = 76,2 \text{ mm}$). Standul pentru efectuarea încercărilor experimentale este construit din componente mecanice și electronice, performante, de ultimă generație, pentru efectuarea cât mai eficientă a măsurărilor. Astfel, standul de laborator pentru efectuarea încercărilor

experimentale este dotat cu traductor de forță CTS63200KC25-200 Kg, traductor de deplasare TLDT50 și sisteme de achiziție date, care înlesnește transferul de date pe un computer personal (PC). Astfel, pe partiția „C” a computerului s-a instalat softul specializat Lookout HMI-SCADA. Prin intermediul acestuia s-au prelucrat rezultatele privind forța de tăiere (N) și cursa activă a cuțitului (mm), fiind salvate sub formă de tabel, în Microsoft Office Excel. În prealabil, s-au efectuat încercări pentru a determina forțele rezistente, de frecare, între elementele componente ale acestuia, fără a executa operația de tăiere a tulpinilor. De precizat că, forțele de tăiere măsurate în timpul încercărilor experimentale, includ forțele de tăiere F (N) propriu-zise, la care se adaugă și forțele de frecare ale aparatului de tăiere rezultate de la funcționarea în ”gol” a dispozitivului.

Pentru atingerea scopului tezei de doctorat, acela de a optimiza procesul de lucru, s-au efectuat încercări cu lame tăietoare la care muchiile active, netede și zimțate, au fost ascuțite la diferite unghiuri, de 20° (standard), 15° și 10° . Pentru a crește rezistența la uzură a aparatului de tăiere, ulterior s-au durificat lamele tăietoare și contra-cuțitele netede și zimțate de la combinele românești Sema, Gloria și Dropia, prin depunerea de nitruură de titan TiN , într-un strat subțire cuprins între 3 și $8 \mu m$, pe suprafețele acestora, realizându-se o duritate de $2500 HV$. Operația de tăiere s-a realizat pentru două poziții ale cuțitului față de tulpină: tăierea prin rețezare (cuțitul se deplasează perpendicular, la 90° față de axa longitudinală a tulpinii) și tăierea înclinată (cuțitul se deplasează după o direcție înclinată la 45° față de axa longitudinală a tulpinii). Viteza cuțitului este un element important în ceea ce privește procesul de tăiere. Este cunoscut faptul că aceasta este variabilă deoarece mecanismele de acționare, care transformă mișcarea de rotație a arborelui motor, în mișcare rectilinie alternativă, determină apariția unei viteze a cuțitului de formă sinusoidală. Secționarea tulpinilor plantelor agricole s-au efectuat între noduri și pe nod, în regim de lucru static și dinamic, prin forfecare, folosind două viteze de lucru: $1 m/s$ și $2 m/s$.

Pentru a putea măsura cu acuratețe forța de tăiere a tulpinilor plantelor agricole cu ajutorul cuțitului, în prealabil s-a efectuat calibrarea traductoarelor cu ajutorul unui dinamometru.

De asemenea, înainte de a efectua tăierile tulpinilor plantelor agricole, s-a procedat la măsurarea umidității materialului luat în studiu cu ajutorul etuvei de uscare BIOBASE BOV-T 25F.

În subcapitolele 5.3 și 5.4 se prezintă metoda de organizare și desfășurare a cercetărilor pentru determinarea forței rezistente la tăierea tulpinilor de cereale și plante tehnice. Experimentele sunt multifactoriale pentru fiecare soi, la care s-au avut în vedere cinci factori de influență, respectiv: tipul de combine (fabricate în România, Claas; John Deere, Fendt și New Holland); poziția tulpinii (verticală și înclinată longitudinal la 45°); zona de tăiere a tulpinilor (între noduri și pe nod); viteza medie a lamelor tăietoare ($1 m/s$ și $2 m/s$) și unghiul de ascuțire al lamelor tăietoare (10° ; 15° și 20°).

În continuarea acestui capitol se prezintă metoda de cercetare pentru determinarea **suprafeței secțiunii de tăiere (S)**, rezultată după secționarea tulpinilor luate în studiu.

Pentru a putea determina suprafața de tăiere s-a folosit programul *Image J*, prin care s-au analizat imaginile fotografiate ale tulpinilor secționare.

În ultimul subcapitol, 5.6, se evidențiază metoda de cercetare pentru a cuantifica rezistența la uzură a aparatelor de tăiere folosite pentru secționarea tulpinilor plantelor agricole. S-au efectuat cercetări utilizând lame tăietoare din componența aparatelor de tăiere de la următoarele combine: Claas, John Deere și Sema. În campania de recoltare a cerealelor din anul 2017 s-au montat lame tăietoare noi pe aparatele de tăiere a combinelor prezentate mai sus. Înainte de a fi montate, lamele tăietoare au fost cântărite, măsurate și analizate pentru a se determina suprafața, masa, rugozitatea și duritatea, după care s-au utilizat la recoltare în câmp, în condiții reale de exploatare, pe durata a 100 de ore de funcționare. Lamele cuțit au fost montate pe cuțitele aparatelor de tăiere în stânga, la mijloc și dreapta acestora. După 100 de ore de funcționare în câmp, lamele tăietoare au fost demontate de pe cuțite, curățate, degresate și apoi cântărite, determinând masa, suprafețele, rugozitatea și duritatea, din nou.

La finalul acestui capitol sunt prezentate concluziile parțiale privind materialul și metoda de cercetare folosite pentru efectuarea cercetărilor experimentale.

Capitolul VI cuprinde “*Rezultatele experimentale privind rezistența la tăiere a tulpinilor plantelor agricole la momentul recoltării*”. În subcapitolul 6.1 sunt prezentate rezultatele experimentale privind rezistența pentru tăierea statică și dinamică, prin forfecare, a tulpinilor plantelor agricole de la culturile de plante tehnice și cereale. În subcapitolul 6.2 se face referire la rezultate experimentale privind rezistența la uzură a aparatelor folosite pentru tăierea tulpinilor plantelor agricole la momentul recoltării. În subcapitolul 6.3 s-au notat rezultatele experimentale privind determinarea secțiunii de tăiere a tulpinilor plantelor agricole de la culturile de cereale și plante tehnice.

S-au notat rezultatele experimentale pentru determinarea masei, suprafeței, rugozității și a durității lamelor cuțit noi, și la cuțite după 100 de ore de funcționare în câmp, în condiții reale de exploatare, montate pe echipamentele de tăiere ale combinelor Claas, John Deere și Sema. Subcapitolul 6.4 cuprinde concluziile parțiale.

Capitolul VII pune în evidență interpretarea datelor experimentale notate în subcapitolul 7.1. Subcapitolul 7.2 prezintă optimizarea procesului de lucru pentru tăierea tulpinilor plantelor agricole de cereale și plante tehnice. Sunt punctate rezultatele interpretării datelor experimentale pentru culturile de grâu și floarea-soarelui, pentru valorile medii ale energiei de tăiere, coeficientul de variație și testul de semnificație pentru cele cinci combine (Sema, Claas, Fendt, NewHolland și John Deere). Sunt interpretate datele experimentale pentru tăierea tulpinilor plantelor agricole, între noduri, cu tulpina pe verticală $\alpha_1 = 90^\circ$ și înclinat la 45° , pentru tăierea statică și dinamică, prin forfecare, la viteze de lucru: 1 m/s și 2 m/s.

În **Capitolul VIII**, subcapitolul 8.1, sunt stipulate concluziile generale ale tezei de doctorat, urmat de subcapitolul 8.2, în care s-au notat recomandările cu privire la căile ulterioare de dezvoltare a cercetărilor.